

Dipl.-Ing. Thomas Petersmeier, Bielefeld

**Isothermes Hochtemperatur-
ermüdungsverhalten
des Stahles X22CrMoV121**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **472**

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Entwicklung der 9-12% Chromstähle	3
2. Kenntnisstand	9
2.1 Wärmebehandlung und mikrostruktureller Aufbau	9
2.2 Zyklisches Verformungsverhalten	11
2.2.1 Lebensdauerorientierte Untersuchungen	12
2.2.2 Spannung-Dehnung-Zusammenhang	15
2.2.3 Temperatureinfluß	27
2.2.4 Anrißbildung	30
2.2.5 Einfluß oxidierender Umgebungsbedingungen	32
2.2.6 Einfluß zyklischer Beanspruchungen auf die Mikrostruktur	36
2.3 Dynamische Reckalterung	39
3. Versuchswerkstoff	47
3.1 Gefüge- und Mikrostruktur	47
3.2 Probenformen	49
4. Versuchseinrichtungen und Versuchsdurchführung	51
4.1 Hochtemperaturzugversuche	51
4.1.1 Versuchsdurchführung	51
4.2 Schwingfestigkeitsversuche	51
4.2.1 Maschinensteuerung und Meßwerterfassung	53
4.2.2 Versuchsdurchführung	55
4.3 Karbidquantifizierung mit digitaler Bildverarbeitung	56
4.4 Bestimmung der Versetzungsdichte	56

	Seite
5. Versuchsergebnisse	59
5.1 Quasistatisches Verformungsverhalten	59
5.1.1 Temperatureinfluß auf die quasistatischen Werkstoffkennwerte	59
5.1.1.1 Mikrostrukturelle Untersuchungen	63
5.1.2 Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit	66
5.2 Spannungskontrollierte mittelspannungsfreie Wechselverformung	67
5.2.1 Lebensdauerorientierte Untersuchungen	67
5.2.1.1 Mathematische Beschreibung der Lebensdauer	74
5.2.2 Wechselverformungsverhalten	76
5.2.2.1 Temperatureinfluß	76
5.2.2.2 Einfluß der Spannungsamplitude	81
5.2.2.3 Zyklische Spannung-Dehnung-Kurven	85
5.2.3 Bruchflächenuntersuchungen	89
5.2.4 Karbidquantifizierung	93
5.2.4.1 Zyklische Beanspruchung	96
5.2.5 Transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen	101
5.2.5.1 Temperatureinfluß	101
5.2.5.2 Lastspielzahlabhängigkeit	109
5.2.6 Variation der Versuchsfrequenz	111
5.3 Spannungskontrollierte mittelspannungsbehaftete Wechselverformung	113
5.3.1 Lebensdauerorientierte Untersuchungen	114
5.3.1.1 Haigh-Diagramm	115
5.3.2 Wechselverformungsverhalten	117
5.3.2.1 Beanspruchung im Zugschwellbereich	117
5.3.2.1.1 Temperatureinfluß	120
5.3.2.2 Beanspruchung im Zugwechselbereich	121

	Seite	
5.4	Totaldehnungskontrollierte mitteldehnungsfreie Wechselverformung	125
5.4.1	Lebensdauerorientierte Untersuchungen	125
5.4.2	Wechselverformungsverhalten	128
5.4.2.1	Temperatureinfluß	128
5.4.2.2	Einfluß der Totaldehnungsamplitude	131
5.4.2.3	Zyklische Spannung-Dehnung-Kurven	135
5.4.3	Bruchflächenuntersuchungen	136
5.4.4	Transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen	142
5.5	Totaldehnungskontrollierte mitteldehnungsbehaftete Wechselverformung	146
5.5.1	Lebensdauerorientierte Untersuchungen	146
5.5.2	Wechselverformungsverhalten	148
5.5.3	Mittelspannungsrelaxation	152
6.	Diskussion	154
6.1	Quasistatisches Verformungsverhalten	154
6.2	Zyklisches Verformungsverhalten	154
6.2.1	Mikrostruktur	155
6.2.2	Temperatureinfluß	157
6.2.3	Dynamische Reckalterung	159
6.2.4	Spannungskontrollierte mittelspannungsbehaftete Wechselverformung	161
6.2.5	Totaldehnungskontrollierte mitteldehnungsbehaftete Wechselverformung	164
7.	Zusammenfassung	166
8.	Literaturverzeichnis	170